

1. Григоров О.В. Раціональні приводи підйомно-транспортних машин і логістичних комплексів: Монографія / О. В. Григоров, Стрижак В.В., Петренко Н.О., Стрижак М.Г., Окунь А.О., Зюбанова Д.М., Цебренько М.В. – Х.: ХНАДУ, 2016 – 352 с.

УДК 621.86

ПОРІВНЯННЯ РІВНОПРИСКОРЕНОГО, S-ПОДІБНОГО ТА ПАРАБОЛІЧНОГО ЗАКОНІВ КЕРУВАННЯ ОБ'ЄМНИМ РЕГУЛЬОВАНИМ ГІДРОПРИВОДОМ ЗА ВИТРАТАМИ ЕНЕРГІЇ

COMPARISON OF THE UNIFORMLY ACCELERATED, S -SHAPED AND PARABOLIC CONTROL LAWS OF A VOLUMETRIC CONTROLLED HYDRAULIC DRIVE FOR ENERGY COSTS

Отто Григоров, Дар'я Зюбанова, Галина Аніщенко, Ольга Турчин,
Максим Цебренько, Всеволод Стрижак

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002, Україна.

A theoretical and bench study of the mechanism with a volume-controlled hydraulic drive in the regime of acceleration and deceleration for 3 laws of velocity (uniformly accelerated, S -shaped and parabolic) is conducted with the same path and time of acceleration-deceleration. Equivalent power and coefficient of efficiency of recuperation are determined. It was found out that these integral indices are of the greatest importance in the case of the S-shaped law.

На кафедрі ПТМіО створений стенд імітації механізму пересування мостового крана вантажопідйомністю 30/5т. Стенд має наступні характеристики: момент інерції, зведений до ротора гідромотора $I = 6,7 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$, статичний момент опору пересуванню на валу гідромотора $M_{\text{статич}} = 20 \text{ Н}\cdot\text{м}$, потужність холостого ходу електродвигуна АТ-62-4 $N_{\text{хх}} = 1,5 \text{ кВт}$.

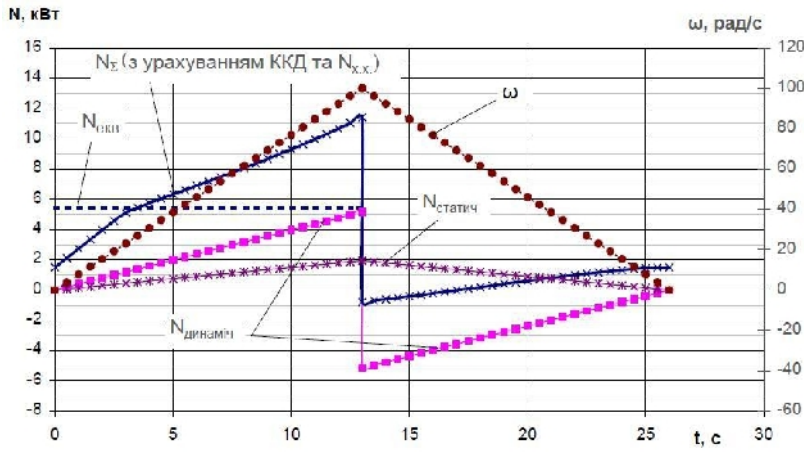
Раніше проводилися дослідження з вивчення параболічних законів керування приводами при ККД системи $\eta = 1$ і $M_{\text{статич}} = 0$ безвідносно до типу привода. У цьому дослідженні ми прийняли $M_{\text{статич}} \neq 0$, а також врахували залежність ККД від навантаження й продуктивності відповідно до результатів стендових досліджень.

Ставилося завдання забезпечення рівності пройденого кутового шляху при рівноприскореному, S-подібному та параболічному законах зміни швидкості ($s_{\text{рівноприск}} = s_{\text{S-подібний}} = s_{\text{параболіч}} = 1300 \text{ рад}$) і однакових часах розгону й гальмування ($t_{\text{рівноприск.розг.}} = t_{\text{рівноприск.гальм.}} = t_{\text{S-подібн. розг.}} = t_{\text{S-подібн. гальм.}} = t_{\text{параболіч. розг.}} = t_{\text{параболіч. гальм.}} = 13 \text{ с}$). Максимальна кутова швидкість становить 100 рад/с для рівноприскореного та S-подібного законів, та 75 рад/с – для параболічного закону.

Була створена система керування, здатна реалізувати 3 закони керування швидкістю гідромотора: лінійний (рівноприскорений), S-подібний і параболічний. Нижче наведені графіки сумарної потужності на валу привідного електродвигуна N_{Σ} , її складових і кутової швидкості обертання вала гідромотора у функції від часу для рівноприскореного (див. рис. 1,а), S-подібного (див. рис. 1,б) та параболічного (див. рис. 1,в) законів. Розрахунки показують, що при S-подібному законі ККД рекуперації системи досягає 0,3. Для інших законів ККД рекуперації менше. Також для S-подібного закону спостерігається найбільша еквівалентна потужність $N_{\text{екв}} = 6,11 \text{ кВт}$.

Для S-подібного закону динамічні навантаження на початку розгону й наприкінці гальмування істотно менші, ніж при параболічному й рівноприскореному розгоні й гальмуванні. Так, середні значення кутових прискорень за проміжок часу $0 - 2 \text{ с}$ (при цьому при $t = 0$ і $t = t_{\text{ц}}$, $\varepsilon_{\text{S-подібн}} = 0$): $\varepsilon_{\text{сер. S-подібн.}} = 3,1 \text{ рад/с}^2 < \varepsilon_{\text{сер. рівноприскор.}} = 7,7 \text{ рад/с}^2 < \varepsilon_{\text{сер. параболіч.}} = 10,7 \text{ рад/с}^2$.

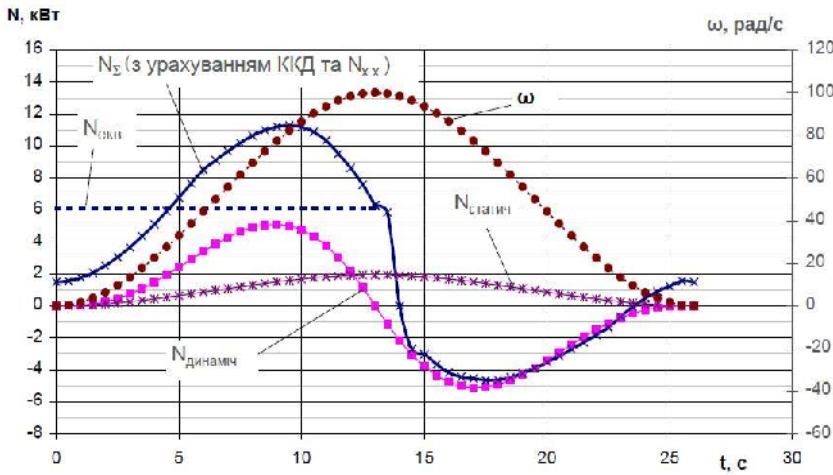
Високе загальне ККД рекуперації приводу за період розгону-гальмування у випадку S-подібного закону (0,3) пояснюється високим значенням власного ККД гідропроводу протягом значної частини розгону (на противагу періоду рівномірного ходу, для якого характерне менше значення ККД). Також є відмінність від параболічного закону, для якого протягом більшої частини розгону значення ККД досить низьке.



а)

$$\eta_{\text{рекуперації}} = \frac{A_{\text{рекуперації}}}{A_{\text{витрачена}}} = \frac{\int_{tp}^{t_u} N_{\text{гальм}} dt}{\int_0^{t_u} N_{\text{сум}} dt} = 0,02$$

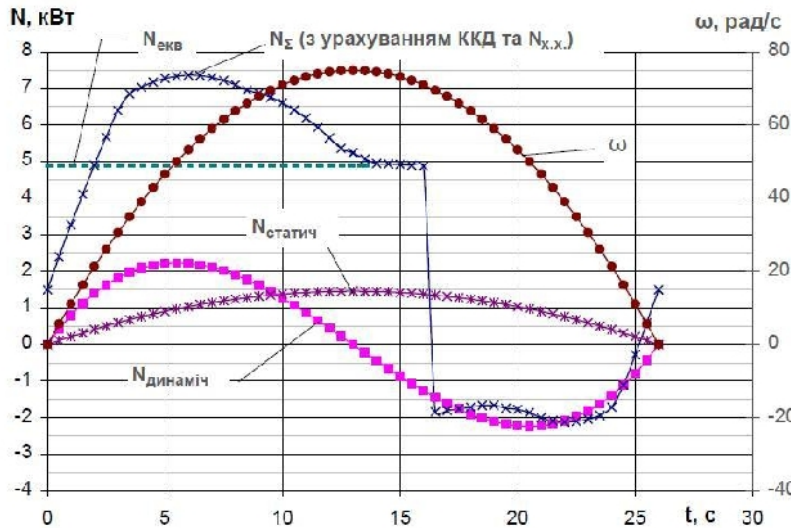
$$N_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{\int_0^{t_u} N^2 dt}{t_u}} = 5,45 \text{ кВт}$$



б)

$$\eta_{\text{рекуперації}} = \frac{A_{\text{рекуперації}}}{A_{\text{витрачена}}} = \frac{\int_{tp}^{t_u} N_{\text{гальм}} dt}{\int_0^{t_u} N_{\text{сум}} dt} = 0,3$$

$$N_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{\int_0^{t_u} N^2 dt}{t_u}} = 6,11 \text{ кВт}$$



в)

$$\eta_{\text{рекуперації}} = \frac{A_{\text{рекуперації}}}{A_{\text{витрачена}}} = \frac{\int_{tp}^{t_u} N_{\text{гальм}} dt}{\int_0^{t_u} N_{\text{сум}} dt} = 0,16$$

$$N_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{\int_0^{t_u} N^2 dt}{t_u}} = 4,89 \text{ кВт}$$

Рис. 1. Графіки залежності потужностей (статичної, динамічної, еквівалентної та сумарної (з урахуванням ККД та потужності холостого ходу)) й швидкості від часу для: а – рівноприскореного закону керування швидкістю гідромотора; б – S-подібного закону керування швидкістю гідромотора; в – параболічного закону керування швидкістю гідромотора

В усіх випадках час розгону й гальмування становить 13 с.